

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 08046595 A

(43) Date of publication of application: 16 . 02 . 96

(51) Int. Cl

H04J 14/00
H04J 14/02
H04N 7/22

(21) Application number: 06176414

(71) Applicant: HITACHI LTD

(22) Date of filing: 28 . 07 . 94

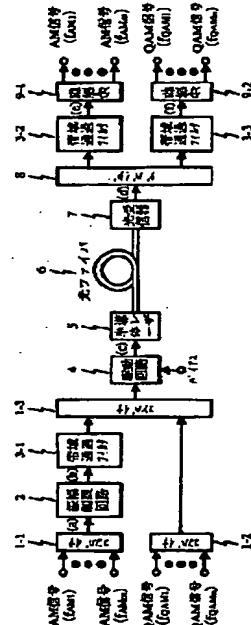
(72) Inventor: TSUSHIMA HIDEAKI
SASAKI SHINYA

(54) OPTICAL TRANSMISSION DEVICE

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a hybrid optical transmission device which can suppress the deterioration of transmission characteristic that is caused by the clipping distortions.

CONSTITUTION: This optical transmission device contains at least an amplitude limiting circuit 2 which limits the minimum amplitude value of a frequency multiplex AM signal, a BPF 3-1 which eliminates the distortions that are generated at the parts out of the band of the AM signal due to its amplitude limitation, and a combiner 1-3 which multiplexes the output signal of the BPF 3-1 with a frequency multiplex QAM signal. A semiconductor laser is modulated by the output signal of the combiner 1-3. Thus the minimum value of the signal that modulates the semiconductor laser by the amplitude limitation can be set at a level higher than the threshold value. As a result, the clipping distortions of the semiconductor laser can be suppressed and therefore the deterioration of transmission characteristic can also be suppressed.



COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(51) Int.Cl.⁶
H 04 J 14/00
14/02
H 04 N 7/22

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 04 B 9/ 00

E

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 11 頁)

(21)出願番号

特願平6-176414

(22)出願日

平成6年(1994)7月28日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者

対馬 英明

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者

佐々木 慎也

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

(54)【発明の名称】 光伝送装置

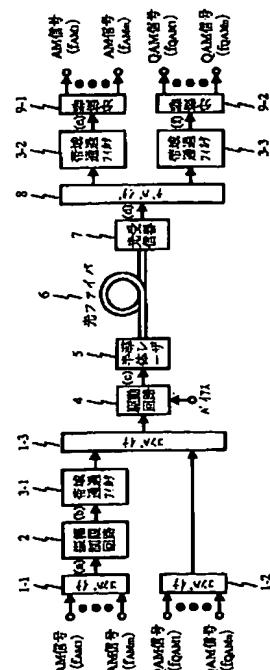
(57)【要約】

【目的】 クリッピング歪による伝送特性劣化を抑圧したハイブリッド光伝送装置を実現すること。

【構成】 周波数多重化AM信号の振幅最小値を制限する振幅制限回路2と、該制限により周波数多重化AM信号の帯域外に発生した歪を除去する帯域通過フィルタ3-1と、該フィルタからの出力信号と周波数多重化QAM信号を多重化するコンバイン1-3とを少なくとも有し、該コンバイン出力信号により半導体レーザを変調する。

【効果】 上記振幅制限により半導体レーザを変調する信号の最小値は閾値を下回らないように設定できるので、半導体レーザにおけるクリッピング発生は抑圧され、その結果伝送特性の劣化も抑圧される。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 m チャネル ($m \geq 1$) の電気信号を含む第 1 周波数多重化信号と n チャネル ($n \geq 1$) の電気信号を含む第 2 周波数多重化信号を多重化して 1 台の半導体レーザ送信器にて電気一光変換を行う光伝送装置において、第 1 周波数多重化信号の振幅を制限する手段と、該制限により第 1 周波数多重化信号の帯域外に発生した歪を除去する手段と、該除去手段からの出力信号と第 2 周波数多重化信号とを周波数多重化する手段とを有し、該周波数多重化手段からの出力信号を上記送信器に入力することを特徴とする光伝送装置。

【請求項 2】 L チャネル ($L \geq 2$) の電気信号を周波数多重化して 1 台の半導体レーザ送信器にて電気一光変換を行う光伝送装置において、 m チャネル ($1 \leq m \leq L-1$) の信号を多重化して第 1 周波数多重化信号を得る第 1 多重化手段と、第 1 周波数多重化信号の振幅を制限する手段と、該制限により第 1 周波数多重化信号の帯域外に発生した歪を除去する手段と、該除去手段からの出力信号と残りの電気信号とを周波数多重化する第 2 多重化手段とを有し、第 2 多重化手段からの出力信号を上記送信器に入力することを特徴とする光伝送装置。

【請求項 3】 m_1 チャネル ($m_1 \geq 1$) の電気信号を含む第 1 周波数多重化信号と m_2 チャネル ($m_2 \geq 1$) の電気信号を含む第 2 周波数多重化信号と n チャネル ($n \geq 1$) の電気信号を含む第 3 周波数多重化信号を多重化して 1 台の半導体レーザ送信器にて電気一光変換を行う光伝送装置において、第 1 周波数多重化信号の振幅を制限する第 1 制限手段と、第 2 周波数多重化信号の振幅を制限する第 2 制限手段と、第 1 制限手段により第 1 周波数多重化信号の帯域外に発生した歪を除去する第 1 除去手段と、第 2 制限手段により第 2 周波数多重化信号の帯域外に発生した歪を除去する第 2 除去手段と、第 1 除去手段の出力信号と第 2 除去手段の出力信号と第 3 周波数多重化信号とを周波数多重化する手段とを有し、該周波数多重化手段からの出力信号を上記送信器に入力することを特徴とする光伝送装置。

【請求項 4】 L チャネル ($L \geq 3$) の電気信号を周波数多重化して 1 台の半導体レーザ送信器にて電気一光変換を行う光伝送装置において、 m_1 チャネル ($1 \leq m_1 \leq L-2$) の信号を多重化して第 1 周波数多重化信号を得る第 1 多重化手段と、 m_2 チャネル ($1 \leq m_2 \leq L-2$) の信号を多重化して第 2 周波数多重化信号を得る第 2 多重化手段と、第 1 周波数多重化信号の振幅を制限する第 1 制限手段と、第 2 周波数多重化信号の振幅を制限する第 2 制限手段と、第 1 制限手段により第 1 周波数多重化信号の帯域外に発生した歪を除去する第 1 除去手段と、第 2 制限手段により第 2 周波数多重化信号の帯域外に発生した歪を除去する第 2 除去手段と、第 1 除去手段からの出力信号と第 2 除去手段からの出力信号と残りの電気信号とを周波数多重化する第 3 多重化手段とを有し、第 3

多重化手段からの出力信号を上記送信器に入力することを特徴とする光伝送装置。

【請求項 5】 m チャネル ($m \geq 1$) の電気信号を含む第 1 周波数多重化信号と n チャネル ($n \geq 1$) の電気信号を含む第 2 周波数多重化信号を多重化して 1 台の半導体レーザ送信器にて電気一光変換を行う光伝送装置において、第 1 周波数多重化信号の振幅を制限する第 1 制限手段と、第 2 周波数多重化信号の振幅を制限する第 2 制限手段と、第 1 制限手段により第 1 周波数多重化信号の帯域外に発生した歪を除去する第 1 除去手段と、第 2 制限手段により第 2 周波数多重化信号の帯域外に発生した歪を除去する第 2 除去手段と、第 1 除去手段からの出力信号と第 2 除去手段からの出力信号とを周波数多重化する手段とを有し、該周波数多重化手段からの出力信号を上記送信器に入力することを特徴とする光伝送装置。

【請求項 6】 複数 Q 系統 ($Q \geq 2$) の周波数多重化信号を多重化して 1 台の半導体レーザ送信器にて電気一光変換を行う光伝送装置において、 q 系統 ($1 \leq q \leq Q$) の周波数多重化信号の振幅をそれぞれ制限する q 個の振幅制限手段と、該制限によりそれぞれの信号帯域外に発生した歪をそれぞれ除去する q 個の除去手段と、該除去手段から出力される q 系統の周波数多重化信号と振幅制限を受けなかった ($Q - q$) 系統の周波数多重化信号とを周波数多重化する多重化手段とを有し、該多重化手段からの出力信号を上記送信器に入力することを特徴とする光伝送装置。

【請求項 7】 請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の光伝送装置において、振幅制限回路は所定レベルを下回る（あるいは上回る）入力信号振幅に対して、所定レベルの振幅を出力することを特徴とする光伝送装置。

【請求項 8】 請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の光伝送装置において、振幅制限回路は大振幅の入力信号に対して飽和した振幅を出力することを特徴とする光伝送装置。

【請求項 9】 請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の光伝送装置において、振幅制限回路は、入力信号振幅と出力信号振幅の比が入力信号振幅の増大に伴って低下することを特徴とする光伝送装置。

【請求項 10】 請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の光伝送装置において、上記送信器から出力される光信号を伝送する光ファイバと、該光ファイバにより伝送された光信号を光一電気変換して受信信号を得る光受信器とを設けたことを特徴とする光伝送装置。

【請求項 11】 請求項 10 記載の光伝送装置において、送信器にて振幅制限を受けた q 系統 ($1 \leq q$) の周波数多重化信号を上記受信信号から分離する手段と、分離された各周波数多重化信号が振幅制限により送信側で受けた波形変化を等化する手段とを上記受信器に設けたことを特徴とする光伝送装置。

【請求項 12】 請求項 10 記載の光伝送装置において、

上記受信信号を増幅して同軸ケーブルに送出することを特徴とする光伝送装置。

【請求項13】請求項11記載の光伝送装置において、等化を受けた周波数多重化信号と残りの周波数多重化信号とを多重化した後に増幅して同軸ケーブルに送出することを特徴とする光伝送装置。

【請求項14】 m チャネル ($m \geq 1$) の電気信号を含む第1周波数多重化信号と n チャネル ($n \geq 1$) の電気信号を含む第2周波数多重化信号を多重化して1台の半導体レーザ送信器にて電気-光変換を行う光伝送装置において、第1周波数多重化信号を一括して周波数変調 (FM) 信号に変換する手段と、FM信号と第2周波数多重化信号を多重化する多重化手段とを有し、該多重化手段を上記送信器に入力して光信号に変換し、該光信号を伝送する光ファイバと、光ファイバにより伝送された光信号を電気信号に変換して受信信号を得る光受信器と、受信信号をFM信号と第2周波数多重化信号とに分離する手段と、FM信号を第1周波数多重化信号に戻す手段とを設けたことを特徴とする光伝送装置。

【請求項15】請求項14記載の光伝送装置において、第1周波数多重化信号を構成する各信号は振幅変調 (AM) 信号であることを特徴とする光伝送装置。

【請求項16】 m チャネル ($m \geq 1$) の電気信号を含む第1周波数多重化信号を波長 λ_1 の光信号に変換する第1半導体レーザ送信器と、 n チャネル ($n \geq 1$) の電気信号を含む第2周波数多重化信号を波長 λ_2 ($\neq \lambda_1$) の光信号に変換する第2半導体レーザ送信器と、波長 λ_1 と波長 λ_2 の光信号を波長多重化する光合波器と、波長多重化された光信号を伝送する光ファイバと、光ファイバにより伝送された光信号を波長 λ_1 と波長 λ_2 の光信号に分離する光分波器と、波長 λ_1 の光信号を電気信号に変換する第1光受信器と、波長 λ_2 の光信号を電気信号に変換する第2光受信器とから少なくとも構成されることを特徴とする光伝送装置。

【請求項17】複数Q系統 ($Q \geq 2$) の周波数多重化信号をそれぞれ異なる波長の光信号に変換するQ台の半導体レーザ送信器と、該送信器から出力される光信号を波長多重する光合波器と、光合波された光信号を伝送する光ファイバと、光ファイバにより伝送された光信号から各波長の光を分離する光分波器と、分離された各波長の光信号をそれぞれ電気信号に変換するQ台の光受信器とから少なくとも構成されることを特徴とする光伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はCATV(ケーブルテレビ)システム、特に、アナログ変調信号とデジタル変調信号を電気領域にて周波数多重化した信号を光伝送(ハイブリッド光伝送)するシステムにて利用される光伝送装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ハイブリッド光伝送では、主にアナログ変調信号の過大振幅が原因となって、半導体レーザの変調信号が瞬間にレーザの閾値を下回り、変調信号に比例した光強度変調信号が得られず(クリッピング)、その結果として光信号およびその受信信号に歪(クリッピング歪)が発生し、デジタル変調信号帯域内に発生した歪がデジタル変調信号の符号誤り率特性を著しく劣化させるという問題があった。この問題に対する従来の技術は、例えば、下記第1および第2の文献にて詳細に述べられている。

【0003】第1文献「電子通信学会技術研究報告OC S93-96」によれば、周波数分割多重化された振幅変調アナログ信号(AM信号)に起因するクリッピング歪がデジタル変調信号の帯域内に歪を発生させるため、デジタル変調信号の符号誤り率特性に劣化が生ずるというメカニズムが明らかにされている。第1文献では、クリッピング歪が発生する帯域外にデジタル変調信号を配置することにより符号誤り率特性劣化を回避するという技術を提案している。具体的には、(1) AM信号帯域から離れた高い周波数域にデジタル変調信号を配置する、(2) AM信号を高周波側に配置し、歪が殆ど発生しない低周波側の周波数帯域にデジタル変調信号を配置する、(3) 個々のAM信号を広い間隔を空けて配置し、二つのAM信号の中間にデジタル変調信号を配置する、という周波数配置が提案される。この技術を用いた場合、光伝送系に必要とされる帯域は広くなる。

【0004】第2文献「電子通信学会技術研究報告OC S93-97」では、デジタル変調信号の符号誤り率が10の-6乗程度となるようにAM信号およびデジタル変調信号の変調度を調整し、残留する符号誤り率の劣化は誤り訂正符号の適用により抑圧するという技術が提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記従来技術と同じ課題を解決しようとするものである。但し、上記従来技術よりも簡易な構成にて、即ち、光伝送系の帯域を広げることなく、且つ、誤り訂正符号を用いることなく、課題を解決することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明では、AM信号の最小電圧(所定電圧レベルを下回る信号の電圧)を制限する振幅制限手段と、該振幅制限によりAM信号帯域外に発生した歪を除去する歪除去手段と、その後に該AM信号をデジタル変調信号と多重化する多重化手段と、該多重化信号により変調される半導体レーザとから少なくとも構成される。

【0007】

【作用】上記手段を用いると、クリッピングの主原因であったAM信号の過小電圧は振幅制限手段(回路)によ

りその最小値が制限され、且つ、該振幅制限によりAM信号帯域外に発生する歪はAM信号帯域のみを通過させる帯域通過フィルタ等の歪除去手段により除去できるため、除去後に多重化されるデジタル変調信号の特性に該歪は影響を及ぼさない。同時に、半導体レーザにおけるクリッピング歪の発生も抑圧される。従って、デジタル変調信号の伝送特性には劣化は生じない。

【0008】ここで振幅制限回路の制限電圧 $-V_L$ は例えば次式で与えることができる。なお、制限電圧以下の10入力信号は $-V_L$ として出力されるものとする。

【0009】

$$-V_L \geq - (I_B - I_{th}) R + V_{デジタル} \quad (1)$$

但し、 I_B ：半導体レーザのバイアス電流

I_{th} ：半導体レーザの閾値電流

R ：半導体レーザを駆動する回路の電圧／電流変換係数
 $V_{デジタル}$ ：多重化されるデジタル信号の最大振幅
 なお、実際に設定する制限電圧の値が上式の $-V_L$ から若干ずれたとしても、振幅制限回路により振幅制限が行われるならばクリッピング歪の抑圧効果はある。

【0010】なお、ハイブリッド光伝送技術ではないが、第3文献（公開特許公報（A）、平3-132227）においては、「アナログ周波数多重信号の振幅を検出し予め設定された基準値をこえる信号振幅部分をクリップする」ことにより、「半導体レーザを光源として用いアナログ光伝送する方式」が提案されている。

【0011】第3文献の技術と本発明との違いは、本発明が振幅制限回路の後段にAM信号帯域外の歪を除去する手段を新たに設けたことにより、その後に多重化されるデジタル信号の特性が該振幅制限に起因する歪により全く劣化を受けないという新たな効果を得る点にある。半導体レーザにおけるクリッピング歪の発生が抑圧できるという効果については第3文献の技術と同様である。上記歪除去手段無しに、振幅制限回路出力のAM信号にデジタル信号を多重化すると、デジタル信号帯域内にも振幅制限による歪は発生しているため、デジタル信号の特性は劣化し、本発明のような効果は得られない。

【0012】

【実施例】図1には本発明の第1実施例を示す。また、同図各部における信号波形およびスペクトルの例を図2に示す。ハイブリッド光伝送システムの入力信号としては、 m チャネル ($m \geq 1$) のAM信号、および、デジタル変調信号として n チャネル ($n \geq 1$) のQAM信号（QAM: Quadrature Amplitude Modulation、直交振幅変調）を考える。AMは従来のCATVシステムにおいてテレビ信号の分配に用いられている変調方式であり、QAMは次世代CATVシステムにてビデオオンデマンド等の新サービスに採用される可能性のある変調方式である。

【0013】図1において、 m チャネルのAM信号（搬送波周波数 f_{AM1}, \dots, f_{AMm} ）はまずコンバイナ1-1

により周波数多重化されて出力される。多重化されたAM信号の電圧信号波形（左図）およびスペクトル（右図）の例を図2(a)に示す。電圧信号波形は瞬間に大振幅となり、その最小値が電圧レベル $-V_L$ を下回る。ここで $-V_L$ は、上式(1)にて与えられる制限電圧である。対応するスペクトルは同右図のようになっている。

【0014】次に多重化AM信号は振幅制限回路2に入力する。この回路は、入力信号の電圧が制限電圧 $-V_L$ を下回った場合には制限電圧 $-V_L$ を出力し、下回らない場合には入力と同じ電圧値を出力する。このようない回路の構成例については例えば第4文献「トランジスタ技術SPECIAL、No. 17、特集：OPアンプによる回路設計入門、第69-72頁、CQ出版社」において詳細に記述されている。図2(b)の左図には振幅制限回路からの出力電圧信号の波形例を示す。半導体レーザにおけるクリッピングを防止するために、電圧レベル $-V_L$ 以下の信号を $-V_L$ として出力している。同右図には対応するスペクトルを示す。振幅制限の結果、歪が発生している。歪は多重化AM信号の帯域内および帯域内の両方に発生している。

【0015】振幅制限回路2からの出力信号は帯域通過フィルタ3-1に入力する。このフィルタは多重化AM信号の帯域外に発生した歪を除去する歪除去手段であり、多重化AM信号帯域のみを抽出して出力する。コンバイナ1-2により周波数多重化された n チャネルのQAM信号（搬送波周波数 $f_{QAM1}, \dots, f_{QAMn}$ ）は、帯域通過フィルタ3-1からの出力信号とコンバイナ1-3により周波数多重化される。コンバイナ1-3からの出力信号は駆動回路4において電圧入力に比例した電流出力に変換されるとともに（変換係数 R 、入力電圧=出力電流 $\times R$ ）、バイアス電流 I_B が加算されて半導体レーザ5を光強度変調する。図2(c)の左図には半導体レーザに流れる電流信号の波形を示す。該波形は多重化AM信号に多重化QAM信号を加算して得られたものである。式(1)を満足する多重化AM信号への振幅制限が予め実施されているため、同図のように半導体レーザの変調電流信号が閾値 I_{th} を下回ることはない。即ち、半導体レーザ変調時にクリッピングは発生せず、従って、多重化QAM信号に特性劣化も生じない。また、振幅制限により多重化QAM信号帯域内に発生した歪は帯域通過フィルタ3-1により除去されているので、多重化QAM信号は該歪による劣化を受けていない（図2(c)の右図）。

【0016】図2(d)には光ファイバ伝送後の受信信号のスペクトルを示す。光ファイバ伝送による歪特性劣化が無視できる程小さい場合（低歪の1300nm帯半導体レーザ、1300nm零分散ファイバ、および、低歪光受信器を用いることにより実現可能）、受信信号の50スペクトル形状は送信信号のそれと同じである。唯一異

なる点は、受信信号が光一電気変換に伴う雑音増加を被っている点である。雑音の主原因はショット雑音であり、同図 (d) のように通常白色雑音となる。この信号をデバイダ 8 にて 2 分岐し、帯域通過フィルタ 3-2 を用いて多重化AM信号を抽出し、帯域通過フィルタ 3-3 を用いて多重化QAM信号を抽出すると、信号スペクトルはそれぞれ図 2 (e) および (f) のようになる。

(e) の多重化AM信号は振幅制限に伴う歪の発生により帯域内に歪が発生しているが、多重化QAM信号の信号帯域内には多重化AM信号に起因する歪は発生していない。即ち、本実施例の光伝送装置を用いることにより、多重化QAM信号はクリッピングに起因する符号誤り率特性の劣化を回避することができるという効果を得る。分岐された多重化AM信号および多重化QAM信号はそれぞれ分波器 9-1、および、分波器 9-2 により、各チャネルの信号に分離される。

【0017】図 3 には本発明の第 2 実施例を示す。ハイブリッド光伝送システムの入力信号としては、第 1 実施例と同様に m チャネルの AM 信号、および、 n チャネルの QAM 信号を考える。本実施例は、AM 信号を 2 つのグループに分け、第 1 グループ（搬送波周波数： $f_{AM_1} - f_{AM_k}$ 、 $1 \leq k \leq m$ ）および第 2 グループ（搬送波周波数： $f_{AM_{k+1}} - f_{AM_n}$ ）をそれぞれ周波数多重化し、第 1 および第 2 多重化AM信号はそれぞれ振幅制限回路 2-1-1、2-1-2 にて振幅制限を受け、帯域通過フィルタ 3-1-1、3-1-2 により帯域外の歪をそれぞれ除去するものである。振幅制限回路に入力するチャネルの数が第 1 実施例の場合よりも少ないため、振幅制限により多重化AM帯域内に発生する高次歪のパワーが第 1 実施例の場合よりも低減され、その結果、帯域内の歪のトータルパワーも低減される。2 つの多重化AM信号と多重化QAM信号を多重化するコンバーナ 1-3 以降の構成は第 1 実施例と同様である。

【0018】各部におけるスペクトルの例を図 4 に示す。同図 (a1) および (a2) は振幅制限を受ける前の多重化AM信号、(b1) および (b2) は振幅制限を受けた後の信号である。振幅制限を受けることにより歪が発生しているが、各振幅制限回路に入力するチャネル数が少ない分、発生する歪のパワーも第 1 実施例の場合よりも少なくなっている。(c1) および (c2) は帯域通過フィルタにより帯域外の歪を除去した後の信号であり、多重化QAM信号と多重化されて図 (d) のような信号となる。(d) において、多重化QAM信号の帯域内には第 1 実施例と同様に歪は存在せず、さらに、多重化AM信号内に発生した歪のパワーも小さくなる。受信信号は (e) のように雑音が加わり、受信側の帯域通過フィルタ 3-2、3-3 の出力として (f1) および (f3) の信号を得る。図 (d) の場合と同様に多重化AM信号帯域内の歪は第 1 実施例に比較して低減されている。即ち、本実施例によれば、第 1 実施例の場合に

比較して、多重化AM信号の歪による劣化が低減されるという効果を得る。なお、本実施例ではAM信号を 2 グループに分けているが、2 以上のグループに分けても同様の効果を得ることができる。また、半導体レーザにてクリッピング歪が発生しない、あるいは、発生が抑圧されるのであれば、振幅制限の制限電圧値はグループにより同じでも異なっていてもよい。

【0019】なお、第 1 及び第 2 実施例では、光受信器 7 の出力信号は分岐されることなく、増幅されて同軸ケーブル等に送出されてもよい。また、多重化QAM信号に対しても振幅制限手段および歪除去手段を設けてもよい。また、再び光信号に変換して光ファイバへと送出されてもよい。また、第 1 及び第 2 実施例の振幅制限回路は利得あるいは損失を有しても同様の効果を有する。即ち、入力信号の所定レベル以下の電圧を制限できるのであれば、該回路は増幅機能あるいは減衰機能を有してもよい。また、第 1 及び第 2 実施例の振幅制限回路は上記動作の回路に限定されない。例えば、入力信号振幅が所定レベル以下の場合には入力に比例した信号振幅を出力し（比例係数 K ）、入力信号振幅が該レベルを超過すると振幅増加に従って該比例係数 K が減少して出力振幅が飽和する回路（振幅飽和回路）や、入力信号の振幅増加に従って比例係数 K が単純に低下するような回路（振幅圧縮回路）、等も振幅制限回路として使用でき、クリッピング発生の防止あるいは抑圧に有効となる。具体例としてはリミット増幅器、 $L \log$ 増幅器、等があげられる。入出力特性の一例を図 5 に実線にて示す。この様な回路を振幅制限回路として用いた場合、入力信号の平均値がほぼ零であれば該回路により入力信号の最大値および最小値の両方が制限されるが、入力信号にオフセットが加算されて平均値が零からずれている場合には該回路は最小値あるいは最大値の制限回路となる。いずれの場合であっても、最小値および最大値が半導体レーザにおけるクリッピングを防止する方向で制限されるのであれば、クリッピング歪発生抑圧の効果は得られる。

【0020】図 6 には本発明の第 3 実施例を示す。本実施例は、図 5 に示すような入出力特性を有する振幅制限回路を送信側に、また、その逆特性（図 5 破線）を有する逆特性回路 10 を受信側に設置するものである。送信側の振幅制限回路は、第 1 実施例の場合と同様に半導体レーザでのクリッピングを防止するために設置している。受信側の逆特性回路は、送信側での該振幅制限により信号が被った歪を低減するために設けたものである。同図では、多重化QAM信号に対しても振幅制限回路 2-2 および逆特性回路 10-2 を設置してある。これら回路は、多重化QAM信号によるクリッピング歪が無視できないレベルとなった場合に有効である。従って、多重化QAM信号によるクリッピング歪の影響が小さい場合には、回路 10-2 及び 2-2 の両方を省略してもかまわない。振幅制限回路および逆特性回路の後に接続さ

れている帯域通過フィルタは、それぞれの回路にて発生した信号帯域外の歪を除去するために設置されている。振幅制限回路とその逆特性回路の例としてはそれぞれ L o g 増幅器とアンチ L o g 増幅器などが挙げられる。回路構成に関しては例えば第5文献「トランジスタ技術、アナログIC活用ハンドブック、第137-139頁、CQ出版社」において詳細に記述されている。なお、本実施例は図6の構成に限定されない。受信側の逆特性回路の一方あるいは両方を除いても、また、多重化QAM信号系の2-2および10-2を除去してもクリッピング抑圧の効果は得られる。また、振幅制限回路および逆特性回路の特性は多重化AM信号と多重化QAM信号と同じでも異なっていてもよい。

【0021】図7には本発明の第4実施例を示す。対応する信号波形およびスペクトルの例を図8に示す。本実施例は、第1-第3実施例とは異なり、振幅制限回路を用いず、多重化AM信号を一括して周波数変調(FM)信号に変換することにより信号の変調度を低減し、半導体レーザにてクリッピング歪が発生することを回避するものである。多重化AM信号(図8(a))はまずAM/FM変換回路11によりFM信号に変換され、必要最小限の帯域のみを通過させる帯域通過フィルタ3-1にて不要なスペクトルを除去する(図8(b))。通常、FM信号はAM信号に比較して広い帯域幅を必要とするので、多重化QAM信号(図8(c))の帯域が該FM信号の帯域と重ならないように、多重化QAM信号の帯域をコンバイン1-3での多重化前に周波数シフタ12-1により偏移させる。多重化されたFM信号と多重化QAM信号は駆動回路4により電圧-電流変換されるとともにバイアス電流が加算される。半導体レーザに注入される変調信号の信号波形およびスペクトルを図8(d)に示す。多重化AM信号はFM信号に変換されて、変調度が低減されているので、半導体レーザ変調電流は閾値を下回ることはない。即ち、クリッピング歪は発生しない。また、FM信号は不要なスペクトルが帯域通過フィルタにより除去されており、多重化QAM信号は周波数シフトされているので、FM信号と多重化QAM信号との間の干渉もない。光受信器7により受信された信号は図8(e)のように、受信に伴う雑音が加算されている。受信信号はデバイダ8により2分岐され、帯域通過フィルタ3-2によりFM信号が抽出される。最終的に、該FM信号はFM/AM変換回路13により多重化AM信号に戻される(図8(f))。また、多重化QAM信号は帯域通過フィルタ3-3により抽出され、周波数シフタ12-2により元の帯域が戻される。本実施例によっても、半導体レーザにおけるクリッピング歪の発生を回避あるいは抑圧できるという効果を得る。

【0022】図9には本発明の第5実施例を示す。各部の信号スペクトルの例を図10に示す。本実施例は、第1-第3実施例とは異なり、振幅制限回路を用いず、波

長多重技術を用いてクリッピング歪という問題を回避するものである。本実施例では波長が異なる2台の半導体レーザを用いる。第1の半導体レーザ(波長 λ_1)は多重化AM信号(図10(a))を光-電気変換するために用い、第2の半導体レーザ(波長 λ_2 、 $\lambda_1 \neq \lambda_2$)は多重化QAM信号(図10(b))を光-電気変換するために用いる。仮に、多重化AM信号による半導体レーザ変調時にクリッピング歪が発生したとしても、波長 λ_1 と波長 λ_2 の信号スペクトルが相互に重ならない程度に広く波長間隔を設定しておけば(例えば数ナノメータ第)、多重化QAM信号はクリッピング歪の影響を受けない(10図(c))。受信側では2波長を分離して、それぞれ光受信器にて受信する。受信した多重化AM信号のスペクトル例を図10(d)に、また、受信した多重化QAM信号のスペクトル例を図10(e)にそれぞれ示す。多重化AM信号の帯域内にはクリッピングによる歪が発生しているが、2波長の間隔は十分に広く設定してあるので、該歪は多重化QAM信号には何ら影響をおよぼさない。2波長を合波する光合波器14としては、市販の光カプラや光合波フィルタ等を用いることができる。また、2波長を分離する光分波器15としては、同様に市販の光分波フィルタを用いることができる。以上より、本実施例によつても、半導体レーザにおけるクリッピング歪の影響を回避できるという効果を得る。

【0023】なお、本発明は上記第1-第5実施例に限定されない。例えば、アナログ変調方式は、周波数変調(FM)、位相変調(PM)、等でも同様の効果を得る。デジタル変調方式としては、位相偏移キーイング(PSK、差動PSK等)、多相位相偏移キーイング(QPSK等)、周波数偏移キーイング(FSK)、残留側波帯パルス振幅変調(PAM-VSB)等でも同様の効果を得る。また、QAM信号としては16QAM、32QAM、64QAM、128QAM、256QAM、等いずれでも同様の効果を得る。また、振幅制限とは振幅の最大値を制限するのであっても、また、最小値と最大値の両方を制限するのであっても同様の効果を得る。振幅の最大値を制限する場合、他信号との多重化前に反転増幅して最大値制限を最小値制限に変換することは可能であり、また、反転増幅しなくても半導体レーザへのバイアス電流を増加させることにより、クリッピング歪の発生は抑圧できる。また、電圧ではなく、電流に対して振幅制限を行つた場合であつても同様の効果を得る。また、光信号の波長として1.3μm帯を使用する例を挙げたが、他の波長を用いてもよい。例えば、1.3-1.6μmの波長を用いることができる。また、駆動回路は、入力電圧信号に比例した電流にて半導体レーザを駆動できるのならば省略しても構わない。また、逆特性回路10を第1および第2実施例の受信器にて用いてもよい。

【0024】

【発明の効果】以上、本発明によれば、半導体レーザ変調時のクリッピングに起因するデジタル変調信号の符号誤り率特性劣化というハイブリッド光伝送上の問題を、上記従来技術よりも簡易な構成にて、即ち、光伝送系の帯域を広げることなく、且つ、誤り訂正符号を用いることなく、解決することができるという効果を得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例。

【図2】図1各部の信号波形およびスペクトル。

【図3】本発明の第2実施例。

【図4】図2各部のスペクトル。

【図5】振幅制限回路および逆特性回路の一例。

* 【図6】本発明の第3実施例。

【図7】本発明の第4実施例。

【図8】図7各部の信号波形およびスペクトル。

【図9】本発明の第5実施例。

【図10】図9各部のスペクトル。

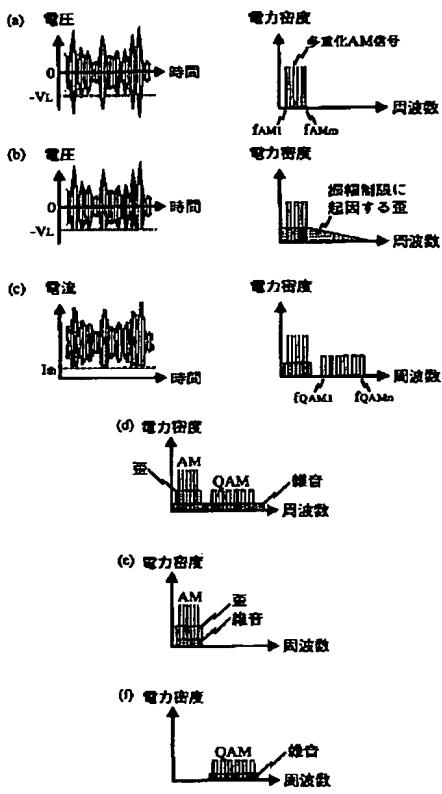
【符号の説明】

1…コンバイナ、2…振幅制限回路、3…帯域通過フィルタ、4…駆動回路、5…半導体レーザ、6…光ファイバ、7…光受信器、8…デバイダ、9…分波器、10…逆特性回路、11…AM/FM変換回路、12…周波数シフタ、13…FM/AM変換回路、14…光合波器、15…光分波器。

*

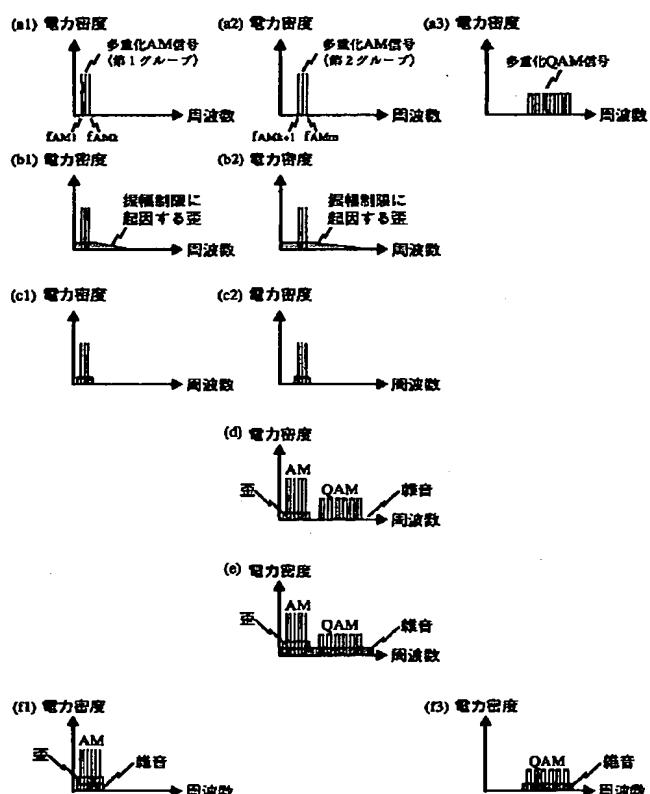
【図2】

図2

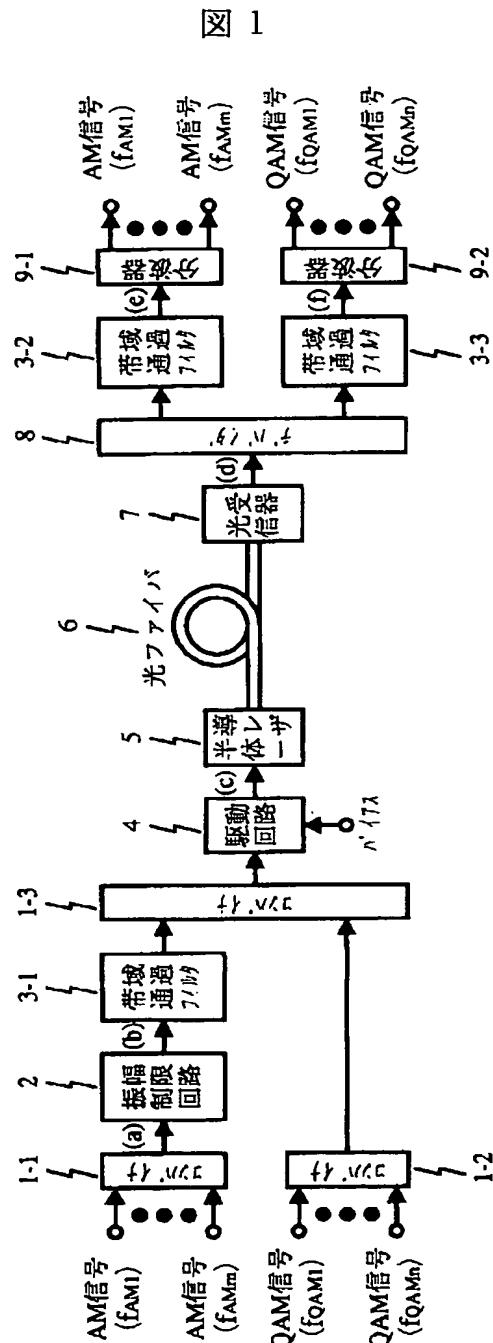


【図4】

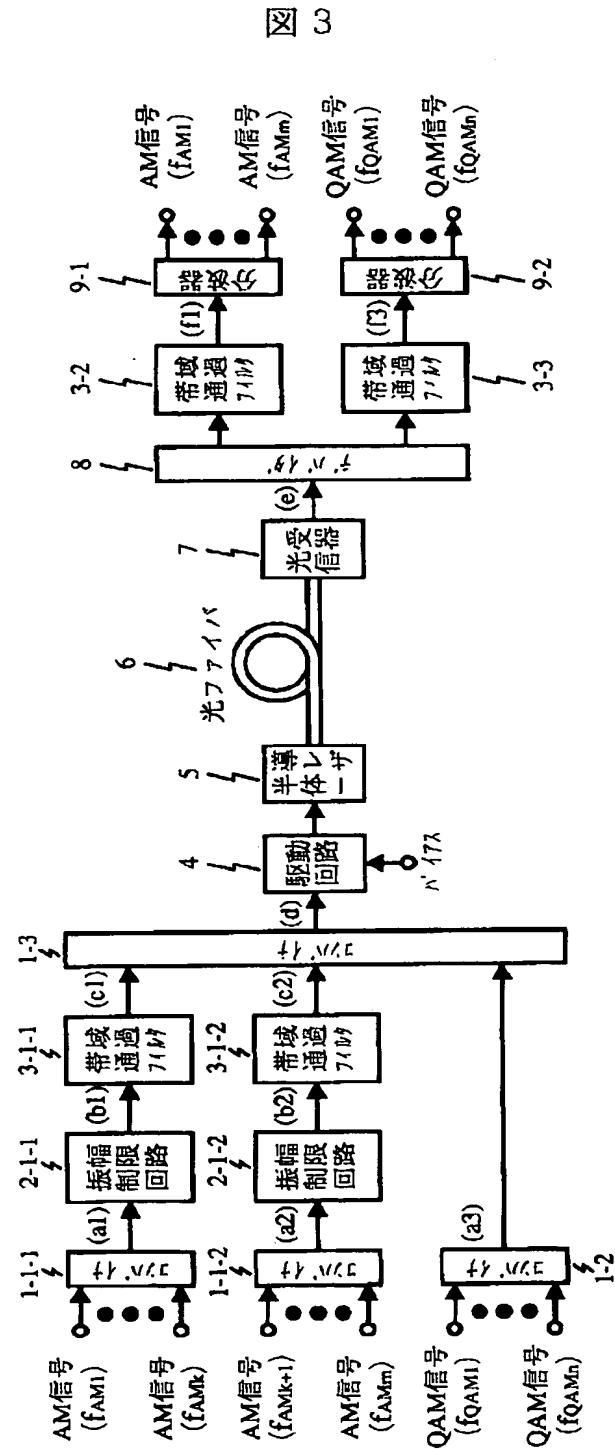
図4



【図1】

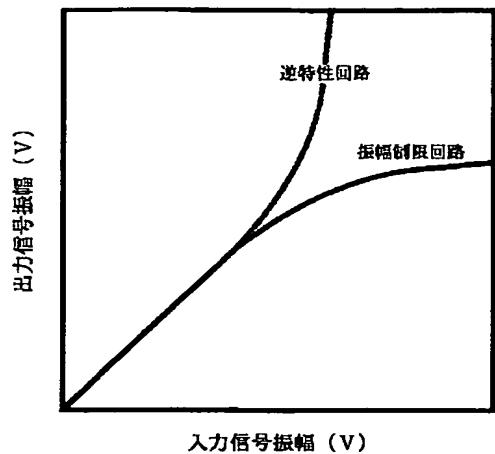


【図3】



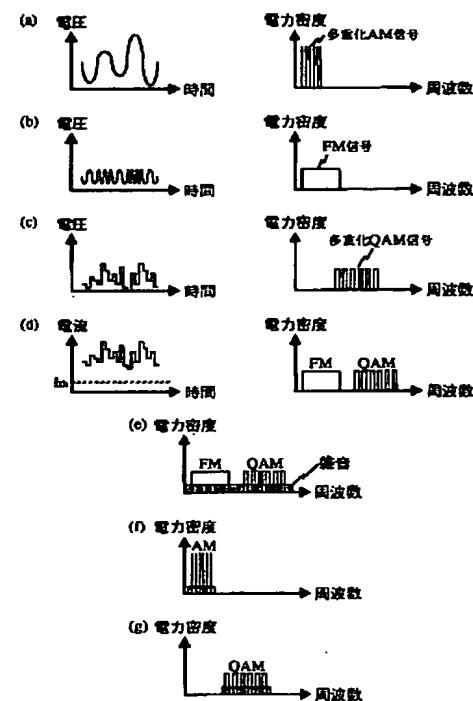
【図5】

図5



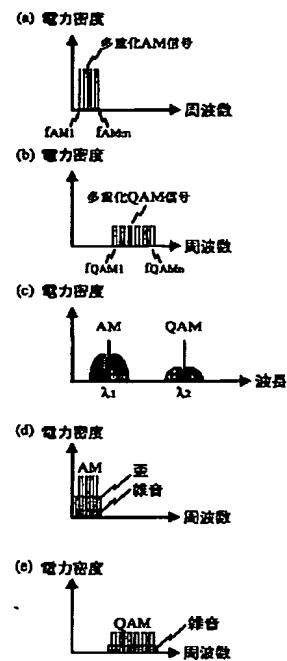
【図8】

図8



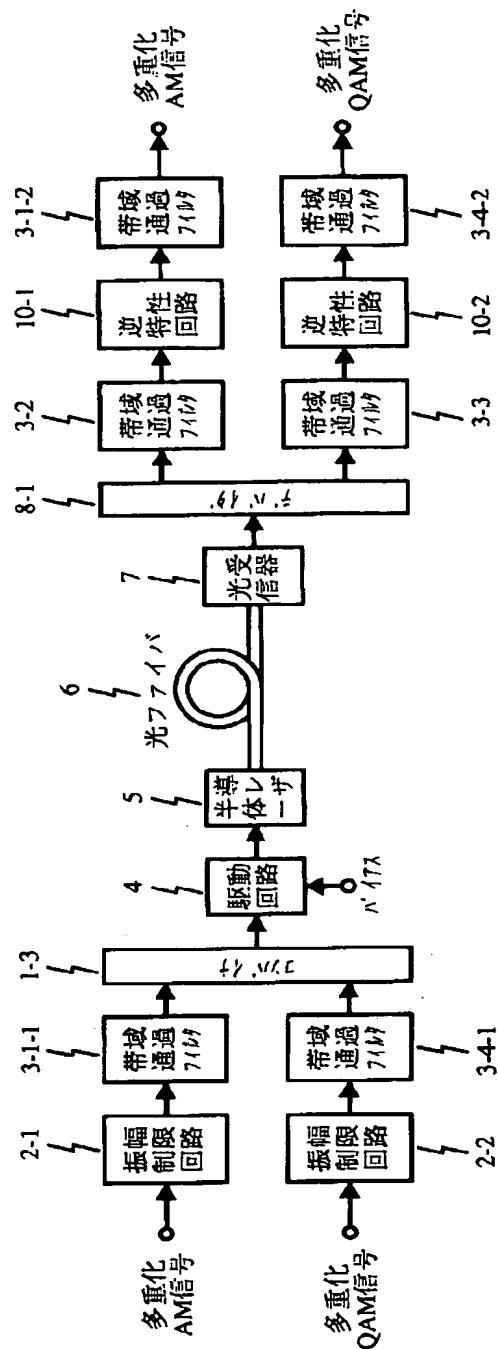
【図10】

図10



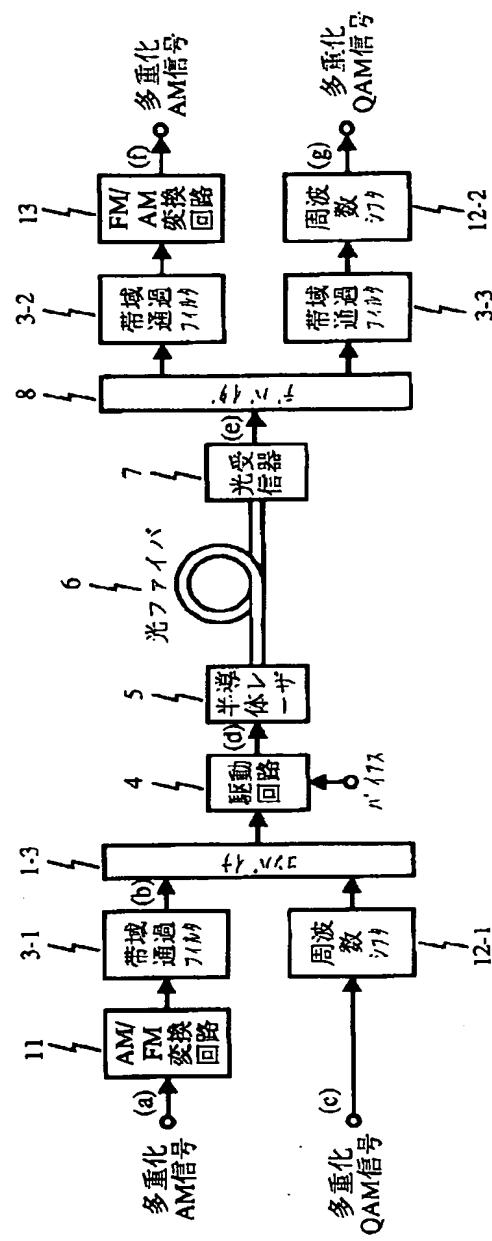
【図6】

図6



【図7】

図7



【図9】

図9

